

بررسی زمین‌شناسی و ژئوشیمی رگه‌های منگنزدار بشگز شمال شرق بیرجند، خراسان جنوبی

بهناز برقی^{۱*}، علی اصغر کلاگری^۱، محمد حسین زرین کوب^۲، وارطان سیمونز^۳

۱- گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند

۳- مرکز تحقیقات علوم پایه، دانشگاه تبریز

(دریافت مقاله: ۹۵/۶/۱۷، نسخه نهایی: ۹۵/۹/۳)

چکیده: رگه‌های منگنزدار بشگز در ۴۵ کیلومتری شمال شرق بیرجند، خراسان جنوبی و در شرق ایران قرار گرفته‌اند. این رگه‌ها به ضخامت ۰/۱ متر تا ۱/۵ متر و طول ۴-۷ متر به صورت ناهم‌شیب در حجم وسیعی از سنگ‌های آتشفشانی-آذرآواری منسوب به پالئوژن (ائوسن-الیگوسن) قرار دارند. سنگ میزبان رگه‌های منگنز، توف‌های با ترکیب ریوداسیتی-داسیتی است، کانی‌های منگنز در منطقه‌ی برشی و لاپیلی توف با قطعات آندزیتی نیز دیده می‌شوند. عیار منگنز در رگه- رگچه‌ها به ۴۵٪ می‌رسد. کانه‌های اصلی پیرولوویت، کریپتوملان و پسیلوملان است، کانی‌های کانسنگی بافت‌های کلوپورم و پرنکنده فضای خالی را نشان می‌دهند. مهم‌ترین باطله سیلیس‌های بی‌شکل هستند، مقدار سیلیس بین ۲/۴۱٪ در رگه منگنز تا ۲۰/۹۸٪ در منطقه‌ی سیلیسی می‌رسد. براساس یافته‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی، چگونگی تشکیل کانی‌های منگنز بدین صورت است که نخست اکسی هیدروکسیدهای منگنز بی‌شکل بوجود می‌آیند و به مرور پسیلوملان پسین پیرولوویت تشکیل می‌شوند. با توجه به میانگین نسبت Mn/Fe در رگه‌های منگنزدار بشگز که ۲۶/۳۱ است و افزایش Zn, U, Sr, Ba همراه با افزایش Mn در رگه‌ها، بیانگر تشکیل منگنز به صورت گرماب و رورانده بوده است.

واژه‌های کلیدی: منگنز؛ پیرولوویت؛ پسیلوملان؛ سیلیس بی‌شکل؛ خراسان جنوبی.

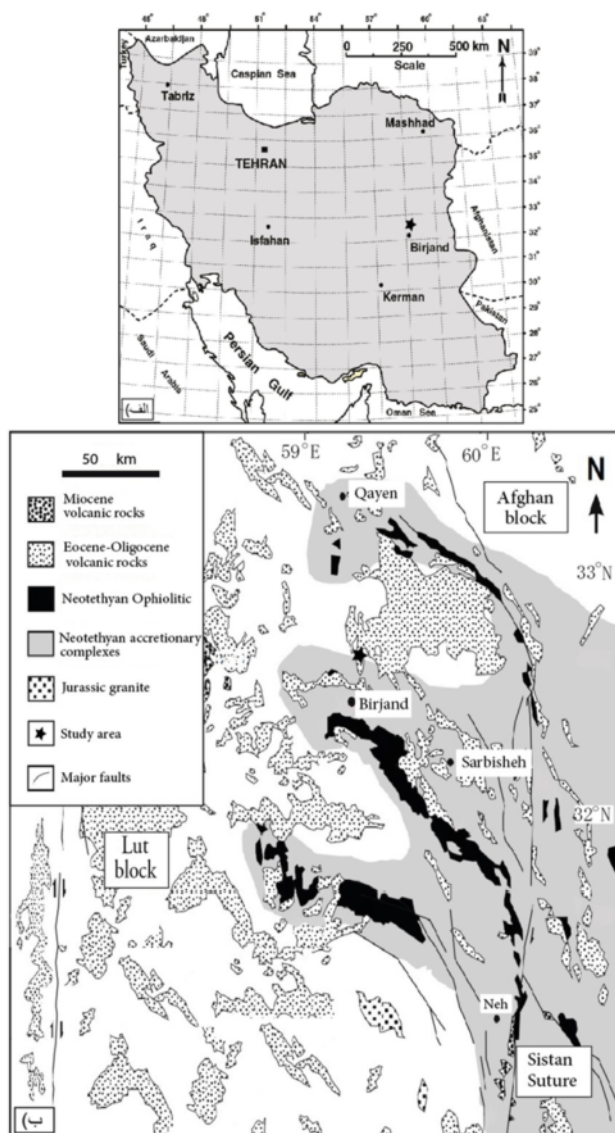
مقدمه

منگنز در این زمان با سنگ‌های بستر اقیانوسی وابسته به مجموعه افیولیتی (محور افیولیتی نیریز [۴]، سبزوار [۵]، بیرجند، آذربایجان [۶]) هستند. ۵- کانی‌سازی منگنز در ائوسن-الیگوسن، که بیشتر ذخایر شناخته شده منگنز ایران در این زمان تشکیل شده‌اند، این کانسارهای منگنز دارای خاستگاه گرمایی بوده و از پراکندگی زیادی در ایران بر خوردارند و بیشترین تمرکز آن‌ها در مرکز و شمال ایران است. این کانسارها به طور کلی در نقاطی که تشکیلات ائوسن رخنمون دارند (تشکیلات آندزیتی- داسیتی) یافت می‌شوند [۷]. ۶- کانی‌سازی منگنز در میوسن-پلیوسن، بیشتر در آذربایجان وجود دارند [۸]. رگه‌های منگنزدار بشگز در ۴۵ کیلومتری شمال شرق بیرجند در استان خراسان جنوبی واقع شده‌اند،

کانسارهای منگنز ایران از نظر زمانی و مکانی به شش گروه تقسیم می‌شوند: ۱- کانسارهای منگنز در پری‌کامبرین پسین- کامبرین پیشین، در این برهه زمانی کانسارهای منگنز از نوع آتشفشانی-رسوبی و آتشفشانی در ایران مرکزی و آذربایجان تشکیل شده‌است [۱]. ۲- پالئوزوئیک پسین، کانسارهای رسوبی- آتشفشانی خاور ایران، ایران مرکزی و سندانج- سیرجان که کانی‌های منگنزدار غنی از آهن هستند [۲]. ۳- کانی‌سازی منگنز در کرتاسه، در کرتاسه پیشین در منطقه‌ی سندانج-سیرجان به صورت کانسار منگنز و منگنز- آهن تشکیل شده‌اند که خاستگاه آتشفشانی-رسوبی دارند [۳]. ۴- کانی‌سازی منگنز کرتاسه پسین-پالئوسن، کانسارهای

دختر و البرز، آتشفشان‌های شرق ایران دارای یک الگوی پراکنده هستند. آتشفشان شرق ایران به وسیله‌ی زمیندرز سیستان از شرق، و از غرب به گسل ناینند محدود می‌شود [۲۰]. منطقه‌ی مورد بررسی روی آتشفشان‌های شرق ایران است (شکل ۱ ب) [۹]. بررسی‌هایی روی کانسارهای منگنز خاور ایران، (استان خراسان جنوبی) انجام نشده‌است، و برای اولین بار این بررسی در مورد منگنز بشگز انجام شده‌است. هدف از این جستجو، بررسی کانی‌شناسی، سنگ‌نگاری و ژئوشیمی (نسبت عنصری و تغییرات عنصری) برای تعیین فاکتورهای متمرکز منگنز و توزیع عناصر اصلی، فرعی، کمیاب در رگه‌های منگن‌دار بشگز است.

شاخص منگنز بشگز در گستره‌ی "۲۸٫۷' ۴۸° ۳۲° عرض شمالی و "۴۳' ۳۹° ۵۹° طول خاوری، که در نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ سربیشه قرار می‌گیرد (شکل ۱ الف)، [۹] این شاخص در مرز منطقه‌ی سیستان و بلوک لوت واقع شده است. در ناحیه‌ی لوت سیستان فراوان‌ترین سنگ‌های آتشفشانی (گدازه، سنگ‌های پیروکلاستیک) و شبه آتشفشانی به سن ائوسن- الیگوسن قرار دارند [۱۰]. آتشفشان‌ها در طول دوره‌ی فروانش بین صفحه عربی و صفحه توران شکل گرفته‌اند و بخش بزرگی از شرق ایران را به ضخامت ۲۰۰۰ متر می‌پوشاند [۱۱-۱۳]. پتانسیل زیادی برای انواع مختلف کانه‌زایی در این گستره وجود دارد [۱۴-۲۵] بر خلاف کمرندهای آتشفشانی ایران که به صورت خطی و منحنی شکل‌اند، مانند کمر بند آتشفشانی ارومیه -



شکل ۱ الف) نقشه ایران و موقعیت محل مورد بررسی (ب) موقعیت آتشفشانی‌های شرق ایران و موقعیت منطقه‌ی مورد بررسی در مرز منطقه‌ی سیستان و لوت [۹].

روش بررسی

این بررسی در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام گرفت. بررسی‌های صحرایی شامل پیمایش‌های صحرایی برای شناسایی واحدهای سنگی، منطقه‌های دگرسان و کانه‌زایی بوده است در این پژوهش نخست ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه‌ی بشگز بررسی شد و نمونه‌برداری به دو روش منظم و نامنظم انجام گرفت. در روش اول ۳۲ نمونه از واحدهای سنگی مختلف به صورت نامنظم و در روش دوم نمونه‌برداری از میان رگه منگنز به سمت منطقه‌های دگرسانی انجام گرفت. بررسی‌های آزمایشگاهی با تهیه و بررسی تعداد ۲۳ مقطع نازک - صیقلی (Thin-polished) انجام گردید. در نهایت برای بررسی‌های

زمین‌شیمی تعداد ۷ نمونه برای پراش‌سنجی پرتو ایکس (X-Ray Diffractometry) با درصد خطای $\pm 10\%$ درصد، (با یک دستگاه فیلیپس مدل ۱۸۴۰، با ۴۰kV، ۳۰mA و زاویه 2θ با زاویه‌ی 10° Start angle و 50° End angle و Step size) 0.02 در دانشگاه بیرجند آماده‌سازی شد. و ۷ نمونه (سنگی و کانسنگی) از مرکز رگه انتخابی به سمت دیواره برداشت شدند. و به روش بیناب‌سنجی نشری اتمی به همراه بیناب‌سنج جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-ES-MS) در آزمایشگاه Acme کانادا از نظر عناصر اصلی، فرعی و کمیاب مورد بررسی شیمیایی قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱ نتایج آنالیز عناصر اصلی، فرعی و جزئی در نمونه‌های منگن‌دار منطقه بشگز به روش ICP-ES-MS و آنالیز SiO_2 به روش ICP

	حد آشکار سازی	۰۶۱	۰۶۲	۰۹	۰۲	۰۱	۰۳	۰۸
Mo	۰.۵ppm	۷۹۰.۳	۱۴۷.۲	۲۰۲.۹	۱۴۸.۳	۷۷.۳	۱۳۵.۴	۱۰۱.۸
Cu	۰.۵ppm	۲۰.۸	۱۸.۶	۲۳.۸	۱۸.۴	۱۸.۹	۲۲.۸	۴۳.۳
Pb	۰.۵ppm	۶.۶	۲۹.۵	۴۱.۵	۲۴.۲	۱۴۵.۵	۱۰.۵	۲۳.۵
Zn	۵ppm	۵۲۶	۵۰.۴	۴۳۹	۲۳۶	۵۲۳	۱۸۸	۱۰۱
Ag	۰.۵ppm	<۰.۵	<۰.۵	<۰.۵	<۰.۵	۰.۵	<۰.۵	<۰.۵
Ni	۰.۵ppm	۷۵.۲	۱۵۸.۳	۵۹.۳	۵۱.۲	۷۹.۷	۳۶.۸	۳۸.۳
Co	۱ppm	۱۸۵.۲	۱۵۰.۹	۸۴.۴	۱۲۰.۴	۱۳۲.۰	۳۹.۶	۲۹.۷
Mn	۵ppm	۴۵۲۵۰.۲	۲۶۳۸۹.۸	۲۷۵۰۷.۴	۲۱۷۷۷.۶	۳۲۵۸۹.۶	۱۱۶۶۵۰.۰	۱۰۶۰۹.۲
Fe	۰.۱%	۰.۶۴	۱.۱۶	۰.۸۴	۱.۷۷	۱.۰۰	۱.۱۱	۳.۸۲
As	۵ppm	۴.۱	۱.۶	۳.۳	۲.۹	۳.۳	۱.۱	۶.۸
U	۰.۵ppm	۴.۳	۳.۹	۲.۸	۵.۲	۴.۳	۰.۶	۱.۱
Th	۰.۵ppm	۴.۰	۱۲.۲	۱۱.۲	۱۰.۶	۱۰.۸	۱.۴	۰.۷
Sr	۵ppm	۱۶۹.۴	۱۶۹.۶	۱۰۶.۱	۱۶۲.۳	۱۸۸.۰	۴۰.۹	۳۳.۳
Cd	۰.۵ppm	۵.۳	۳.۵	۳.۰	۴.۹	۶.۷	۱.۲	۱.۱
Sb	۰.۵ppm	۵.۳	۱.۹	۵.۵	۴.۹	۳.۷	۴.۰	۹.۲
Bi	۰.۵ppm	<۰.۵	<۰.۵	<۰.۵	<۰.۵	<۰.۵	<۰.۵	<۰.۵
V	۱۰ppm	۵۵.۴	۴.۹	۱۶.۰	۱۱.۸	۷.۱	۲۰.۳	۳۱.۷
Ca	۰.۱%	۰.۴۹	۰.۷۳	۰.۶۴	۰.۹۱	۰.۵۵	۰.۲۵	۰.۱۷
P	۰.۱%	۰.۳۳	۰.۰۹	۰.۲۰	۰.۱۶	۰.۲۰	۰.۰۸	۰.۰۹
La	۰.۵ppm	۱۴.۲	۳۶.۴	۳۹.۹	۲۲.۷	۳۴.۱	۴.۵	۹.۶
Cr	۱ppm	۱۲	۱۰	۱۵	۲۶	۱۳	۳۳	۱۳۰
Mg	۰.۱%	۰.۲۲	۰.۳۲	۰.۳۵	۰.۱۴	۰.۳۹	۰.۱۶	۰.۰۴
Ba	۵ppm	۱۳۸۵.۹	۴۷۸.۹	۳۷۱.۱	۲۱۷.۱	۹۶.۰	۷۸.۶	۱۴۷.۶
Ti	۰.۱%	۰.۲۹	۰.۷۴	۰.۷۲	۰.۹۳	۰.۵۰	۰.۲۷	۰.۱۰
Al	۰.۱%	۱.۴۴	۴.۲۶	۳.۹۸	۴.۳۲	۳.۷۸	۰.۷۵	۰.۴۰
Na	۰.۱%	۰.۶۳	۱.۵۵	۱.۳۶	۱.۶۳	۱.۳۰	۰.۱۹	۰.۰۷
K	۰.۱%	۳.۳۲	۳.۲۹	۳.۲۸	۳.۲۰	۳.۱۱	۱.۲۱	۱.۰۶
W	۰.۵ppm	۱.۷	۴.۰	۲.۹	۱.۵	۱.۶	۱.۰	۱۲.۱
Zr	۰.۵ppm	۲۱۵.۳	۱۳۲.۴	۱۷۴.۴	۱۴۹.۰	۱۱۱.۶	۱۳۶.۲	۷۵.۵
Ce	۵ppm	۲۱	۸۱	۹۱	۴۱	۵۳	۱۷	۱۳
Sn	۰.۵ppm	۱.۱	۲.۳	۲.۰	۲.۴	۲.۲	۰.۶	۲.۰
Y	۰.۵ppm	۴۶.۰	۶۳.۹	۴۳.۸	۴۱.۳	۶۰.۱	۱۰.۹	۹۷.۸
Nb	۰.۵ppm	۹.۹	۱۰.۹	۱۱.۸	۱۱.۳	۸.۰	۴.۰	۴.۶
Ta	۰.۵ppm	<۰.۵	۰.۸	۰.۷	۰.۷	۰.۷	<۰.۵	<۰.۵
Be	۵ppm	۱۵	۵	۱۲	۱۳	۱۳	<۵	<۵
Sc	۱ppm	۶	۴	۶	۶	۶	۳	۱
Li	۰.۵ppm	۵.۳	۱۴.۹	۸.۲	۸.۷	۱۱.۲	۳.۱	۳.۶
S	۰.۵%	۰.۰۶	<۰.۰۵	۰.۱۰	<۰.۰۵	<۰.۰۵	<۰.۰۵	<۰.۰۵
Rb	۰.۵ppm	۴۴.۸	۸۰.۷	۷۷.۶	۹۷.۱	۷۶.۷	۲۴.۰	۱۷.۸
Hf	۰.۵ppm	۱.۱	۲.۹	۲.۴	۲.۴	۲.۰	۰.۷	<۰.۵
Se	۵ppm	<۵	<۵	<۵	<۵	<۵	<۵	<۵
	حد آشکار سازی	۰.۶۱	۰.۶۲	۰.۹	۰.۲	۰.۱	۰.۳	۰.۸
SiO ₂	۰.۱%	۵۲.۹	۲۱.۳۲	۱۶.۹۲	۲۷.۳۱	۱۷.۵۳	۴۲.۸۳	۴۴.۹۲

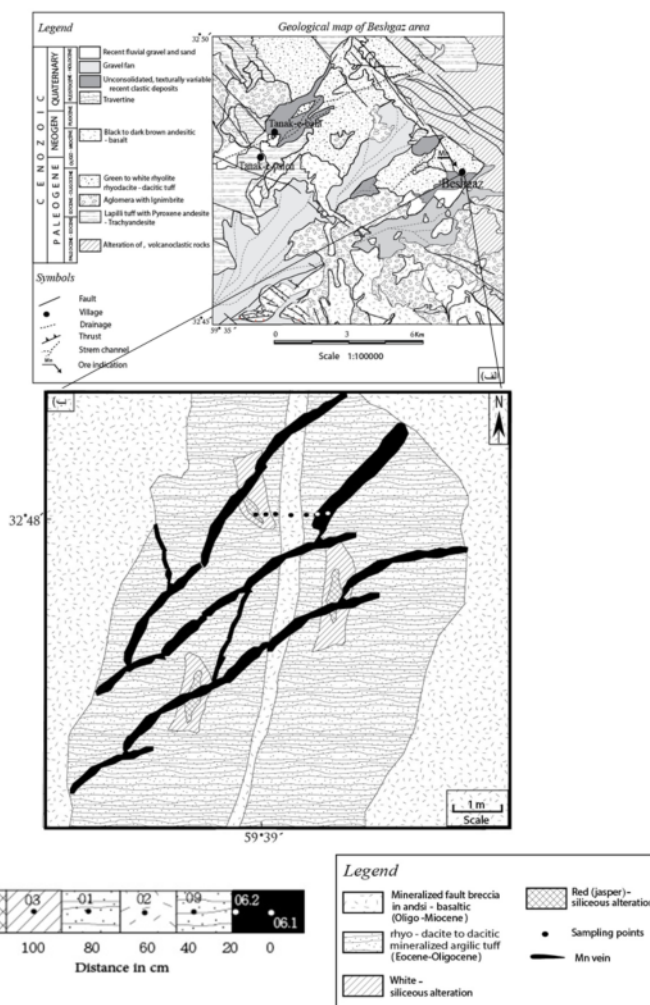
زمین‌شناسی محل مورد بررسی

منطقه‌ی مورد بررسی در ۴۵ کیلومتری شمال شرقی بیرجند، شرق ایران واقع شده است. که در نقشه‌ی ۱/۱۰۰۰۰۰ سربیشه قرار می‌گیرد [۲۶]. مهم‌ترین واحدهای سنگی در این منطقه از قدیم به جدید (شکل ۲ الف) برش آتشفشانی و لاپیلی توف (پالئوسن - ائوسن)، توف‌های سبز ریوداسیتی - داسیتی (ائوسن - الیگوسن) لاواهای آندزیت - بازالتی (الیگومیوسن)، توف‌های آرژیلیکی شده (پلیوسن) و تراورتن (کواترنری) هستند.

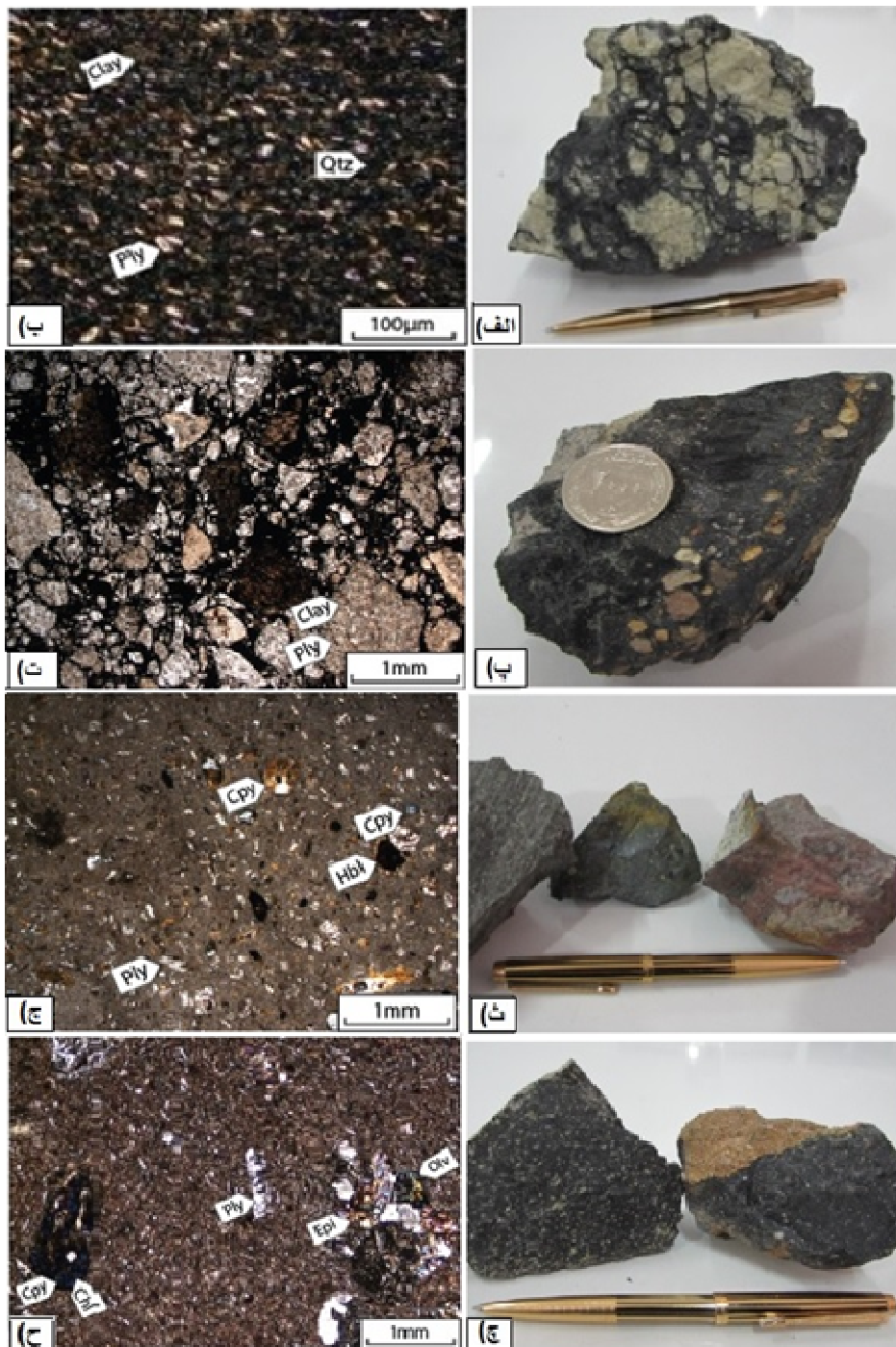
سنگ‌نگتری واحدهای سنگی منطقه شامل

توف داسیتی، ریوداسیتی: این واحد اولین رخنمون آذرآواری در این منطقه است که با گسترش شمالی - جنوبی، با ترکیب حد-واسط (ریوداسیت-داسیت) دیده می‌شود که سنگ میزبان اصلی رگه‌های منگنز (شکل ۲ ب، پ) و ضخامت آن‌ها در بخش

مرکزی و جنوبی منطقه افزایش یافته و به حدود ۴ تا ۷ متر می‌رسد. این واحد به شدت دگرسان شده و به رنگ سبز در بخش مرکز و سفید در جنوب منطقه دیده می‌شوند. در نمونه-ی دستی ریزدانه و سبز روشن تا سفید رنگ است (شکل ۳ الف). به سختی توانستیم از این واحد مقطع تهیه کنیم، سرشتی میکروسکوپی آن بافت آفانتیک-شیشه‌ای دارد و حاوی فنوکریست‌هایی از پلاژیوکلاز در یک زمینه ریزدانه و شیشه‌ای شامل (۵۰-۶۰٪) بیشتر از کوارتز، شیشه، فرومنگنز و کانی-های دگرسان (سرسیت و کانی‌های رسی است)، فنوکریست‌ها شامل پلاژیوکلاز (۳۰-۴۰٪) بیشتر از نوع آلبیت شکلدار و نیمه شکلدارند که به خاطر شدت دگرسانی خیلی زیاد به کانی رسی، ماکل و منطقه‌بندی آن‌ها از بین رفته است. کوارتز (۲۵-۲۰٪) خیلی ریزدانه و بیشتر در ماتریکس است (شکل ۳ ب).



شکل ۲ الف) نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ محل مورد بررسی، ب) رگه‌های منگنزار داخل سنگ‌های میزبان آذرآواری که در روی آن محل-های نمونه‌برداری مشخص شده‌اند، پ) محل نمونه‌ها از مرکز رگه به سمت منطقه‌های دگرسان مشخص شده است.



شکل ۳ الف) نمونه دستی توف‌های سبز رنگ، که سنگ میزبان رگه‌های منگنز (ب) مقطع نازک توف ریوداسیتی - داسیتی در (xpl)، پ) نمونه دستی برش آتشفشانی همراه با کانی‌سازی منگنز (ت) مقطع نازک قطعات درون برش آتشفشانی (آندزیت xpl)، ث) نمونه دستی قطعات لایبلی توف، ج) مقطع نازک قطعات (آندزیت xpl)، چ) نمونه دستی لاواهای آندزیتی-بازالتی، ح) مقطع نازک آندزیت-بازالت (xpl).

دستی، حاوی زمینه‌ای سیاه با قطعاتی زاویه‌دار روشن از چند میلی‌متر تا ۱ سانتی‌متر دیده می‌شوند (شکل ۳ پ). سرشتی روشن میکروسکوپی آن بافت ریزسنگی-جریانی که جریان یافتگی کمی در پلاژیوکلازها دیده می‌شود و حاوی

برش آتشفشانی با قطعات آندزیتی: این واحد با ضخامت تقریباً ۲۰ سانتی‌متر و طول ۴-۷ متر شامل قطعاتی به اندازه‌ی چند میلیمتر تا یک سانتی‌متر است که جنس قطعات آن آندزیتی است، بررسی‌های سنگ‌نگاری قطعات این واحد در نمونه‌ی

چشم غیر مسلح قابل مشاهده‌اند (شکل ۳ چ). سرشتی چشمگیر میکروسکوپی بافت این سنگ‌ها ریز کهنسنگی پورفیری با زمینه ریزسنگی-جرانی که جریان‌یافتگی مشخصی در زمینه دیده می‌شود و حاوی فنوکریست‌هایی از پلاژیوکلاز، هورنبلند، پیروکسن و الیون در یک زمینه ریزسنگی با ترکیبات پلاژیوکلاز، اپیدوت، شیشه، کلسیت و کانی‌های رسی که (۷۰-۸۰٪) است. فنوکریست‌ها شامل پلاژیوکلاز (۲۵-۱۰٪) بیشتر دارای ماکل و از نوع الیگوکلاز-آندزین شکلدار و نیمه شکلدار که به کانی رسی، اپیدوت و کربنات دگرسان شده‌اند کانی‌های فرومگنز شامل هورنبلند با حاشیه سوخته (۱۰-۵٪)، الیون (۵-۱٪) و کلینوپیروکسن از نوع دیوپسید (۱۵-۱۰٪) که به کلریت، اپیدوت و کربنات دگرسان شده است (شکل ۳ ج).

سنگ‌نگاری واحدهای دگرسان گرمابی

منطقه‌های دگرسان محل مورد بررسی در راستای یک خط گسلی گسترش یافته‌اند. بر اساس بررسی‌های صحرایی، این دگرسانی‌ها از مرکز به حاشیه شامل منطقه‌ی آرژیلیک و منطقه‌ی سیلیسی است. (۱) منطقه‌ی آرژیلیک: این منطقه در گستره‌ی مورد بررسی بسته به درجه خلوص، به رنگ‌های سفید تا زرد دیده می‌شوند و کانی مهم آن مونتموریونیت است (شکل ۴ الف). (۲) منطقه‌ی سیلیسی: این منطقه با دو رنگ متفاوت روی زمین دیده می‌شود، منطقه‌ی سیلیسی سفید که در مجاور منطقه‌ی آرژیلیک است و منطقه‌ی سیلیسی سرخ تا قهوه‌ای که در حاشیه قرار می‌گیرد و هر دو سیلیس بی‌شکل هستند و هر سه دارای رگه و رگچه‌های منگن‌اند (شکل ۴ ب).

فنوکریست‌هایی از پلاژیوکلاز و پیروکسن در یک زمینه‌ی ریز دانه‌ای با ترکیبات منگن‌دار که شامل (۶۰-۷۰٪) است بیشتر از کوارتز، فرومگنز و کانی‌های دگرسان از (کانی‌های رسی است)، فنوکریست‌ها شامل پلاژیوکلاز (۳۵-۴۵٪) بیشتر از نوع الیگوکلاز-آندزین شکلدار و نیمه شکلدار که به کانی رسی دگرسان شده‌اند. کانی‌های فرومگنز بیشتر از کلینوپیروکسن (۱۰-۵٪) از نوع اوژیت است (شکل ۳ ت).

لاپیلی توف با ترکیب قطعات آندزیتی: در راستای رگه‌های منگنز یک واحد دیگر با برخورد تدریجی به ضخامت تقریباً ۲۰-۵۰ سانتی‌متر به طول ۷-۴ متر قرار دارند. که شامل قطعاتی به اندازه سه سانتی‌متر تا پنج سانتی‌متر به موازات برش آتشفشانی است که جنس قطعات آندزیتی آن به رنگ سرخ تا صورتی پررنگ است (شکل ۳ ث). سرشتی چشمگیر میکروسکوپی آن بافت آفانتیک-شیشه‌ای و حاوی فنوکریست‌هایی از پلاژیوکلاز، هورنبلند و پیروکسن در یک زمینه ریزدانه با ترکیبات شیشه و کانی رسی که شامل (۴۰-۵۰٪) است بیشتر شامل کوارتز، شیشه و کانی‌های دگرسان (کلسیت و کانی‌های رسی است)، فنوکریست‌ها شامل پلاژیوکلاز (۲۰-۱۵٪) بیشتر از نوع الیگوکلاز-آندزین شکلدار و نیمه شکلدار که به کانی رسی دگرسان شده‌اند کانی‌های فرومگنز هورنبلند با حاشیه‌ی سوخته (۱۰-۵٪) و کلینوپیروکسن از نوع دیوپسید و اوژیت (۲۰-۱۰٪) است (شکل ۳ ج).

لاوهای آندزیت-بازالتی: این واحد آتشفشانی روی تمام واحدهای نامبرده قرار می‌گیرد. نمونه‌های دستی این واحد به رنگ خاکستری تیره و دارای فلدسپارهای فراوان بوده که با



شکل ۴ الف) گسترده‌ی منطقه‌ی آرژیلیک در منطقه، ب) تناوب آرژیلیک، سیلیس سفید و سیلیس سرخ (ژاسپر)، (دید به سمت شمال شرق)

کانی‌نگاری

به توجه به مشکل شناسایی کانه‌های منگنز و جدایی آن‌ها از یکدیگر در بررسی‌های میکروسکوپی نمونه‌ها برای بررسی XRD آماده شدند، بر اساس بررسی (XRD)، کانه‌ها پیرولوسیت، پسیلوملان و کریپتوملان هستند که با بررسی میکروسکوپی مقاطع نازک- صیقلی کانه‌های پیرولوسیت، پسیلوملان، شناسایی شدند که در این میان پیرولوسیت از فراوانی بیشتری برخوردار است. رگه‌های منگنز بشگز دارای بافت‌های کلوپورمی، پرکننده‌ی فضای خالی است. در بافت کلوپورم نخست پسیلوملان و در اطراف آن پیرولوسیت در حال شکل‌گیری است (شکل ۵ الف، ب). بافت‌های پرکننده‌ی فضای خالی به‌وسیله‌ی پیرولوسیت پر شده است (شکل ۵ پ، ت).

ژئوشیمی

نتایج بررسی عناصر اصلی، فرعی و جزئی در نمونه‌های منگن‌دار منطقه بشگز به روش ICP-ES-MS و آنالیز SiO_2 ، به روش ICP در (جدول ۱) مشخص شده‌اند.

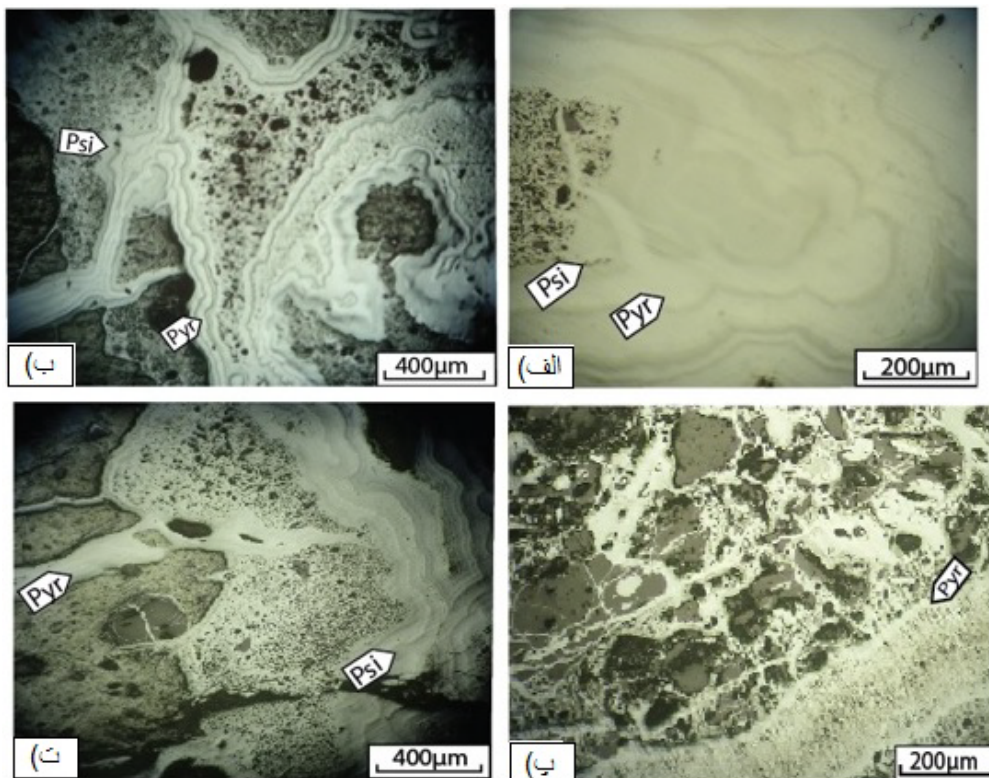
عناصر اصلی و فرعی

ارتباط و همبستگی عناصر با یکدیگر و نسبت عناصر اصلی به

عناصر کمیاب و نیز اثرهای غنی‌شده‌ی عناصر برای تعیین خاستگاه منگنز به کار می‌رود [۲۷، ۲۸]. نمودارهای ژئوشیمیایی بر پایه عناصر اصلی از جمله منگنز، آهن، سیلیس، تیتانیوم و آلومینیوم است که ما را در شناخت خاستگاه و محیط تشکیل کانسار یاری می‌دهند [۲۹].

مقایسه منگنز و آهن

منگنز و آهن در زمان نهشت از گرماب به گونه‌ی خاصی از هم جدا می‌شوند که این جدایش تابع درجه حلالیت آن‌ها است. اگر نسبت Mn/Fe کمتر از یک باشد، به عنوان شاخصی برای نهشته‌های منگنز در محیط‌های دریاچه‌ای و نسبت‌های میانگین Mn/Fe برابر یک برای نهشته‌های منگنز با خاستگاه آب‌زاد و میانگین $0.1 < Mn/Fe < 10$ برای نهشته‌های منگنز گرمابی در نظر گرفته شده‌اند [۳۰، ۳۱]. در نمونه‌های بررسی شده این نسبت بین $70.70 - 2.77$ در تغییر بوده و میانگین آن 26.31% است که شاخص خاستگاه گرمابی است و مقادیر بالای نسبت Mn/Fe در نمونه‌های مورد بررسی نشان‌دهنده غنی‌شدگی منگنز و جدایش کامل آهن طی فرایندهای گرمابی است.



شکل ۵ الف، ب) بافت کلوئید در بخش مرکز شکل‌های کلوپورم پسیلوملان و اطراف آن پیرولوسیت تشکیل شده است (ppl)، پ، ت) بافت پرکننده فضای خالی که شکستگی‌ها به‌وسیله‌ی پیرولوسیت پر شده است (ppl).

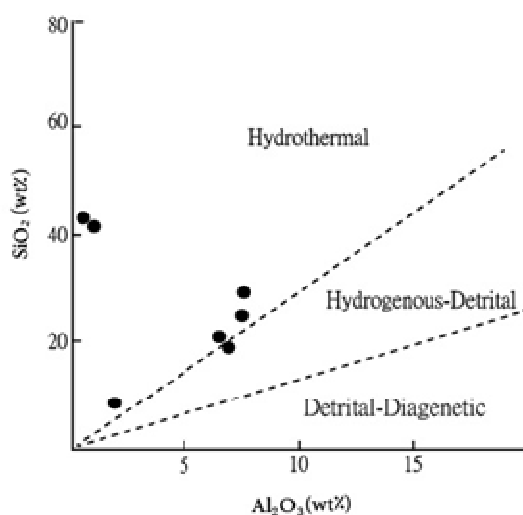
مقایسه سیلیس و آلومینیوم

۳ (میانگین ۱۳~) در گستره‌ی کانسارهای با خاستگاه گرمابی قرار می‌گیرند (شکل ۶) [۳۸].

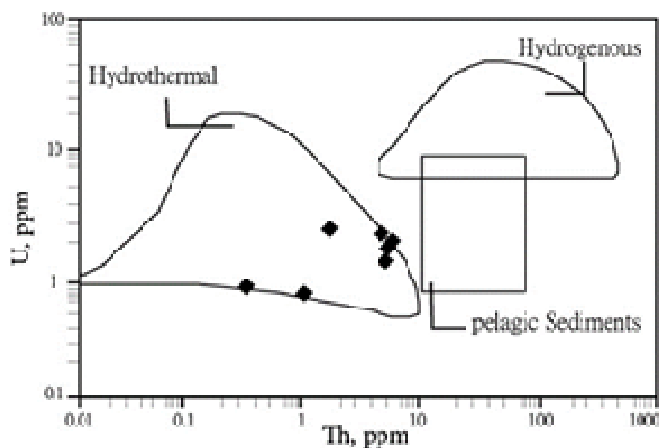
مقایسه اورانیوم و توریم

میزان اورانیوم در نهشته‌های گرماب چندین برابر نهشته‌های آیزاد است [۳۲-۳۴]. حضور توریم در ذخایر منگنز به مواد آواری نسبت داده می‌شود و تحت تاثیر فرایندهای ژئوشیمیایی در محیط اقیانوسی قرار نمی‌گیرد [۳۹]. از طرف دیگر توریم به دلیل حلالیت کم و زمان اقامت بسیار کوتاه تقریباً در آب دریا حضور ندارد و فعالیت‌های گرمابی باعث تمرکز و غنی‌شدگی اورانیوم می‌شود [۴۰]. بر این اساس نمونه‌های مورد بررسی در گستره‌ی گرماب قرار می‌گیرند (شکل ۷) [۳۳].

از نسبت Si/Al می‌توان به عنوان ابزار ساده‌ای برای تشخیص نهشته‌های گرمابی، آیزاد و خاکزاد و شناسایی خاستگاه تامین کننده مواد این نهشته‌ها استفاده کرد [۳۱-۳۴]. کانسارهای گرمابی عموماً در ارتباط نزدیک با ژل‌های سیلیسی آهن‌دار شکل می‌گیرند از همین رو نسبت Si به Al این ذخایر بالا است. در حالی که در کانسارهای با خاستگاه تخریبی، Al نسبت به Si درصد بالاتری دارد که این ناشی از تخریب و تجزیه فلدسپارها طی حمل و نقل به حوضه رسوبی است [۳۵]. [۳۶] بر این باورند که اگر نهشته‌های گرمابی با ذرات تخریبی (کانی‌های رسی) مخلوط شوند، ممکن است نسبت Si/Al کمتر شود و در نهشته‌های آیزاد این نسبت ۳~ است [۳۷]. نمونه‌های منگنزدار بشگز به دلیل وجود نسبت Si/Al بالاتر از



شکل ۶ نمودار دو تایی SiO₂ به Al₂O₃ [۳۸]، و موقعیت نمونه‌های مربوط به رگه‌های منگنزدار بشگز و خاستگاه آن‌ها.



شکل ۷ نمودار دو تایی U در مقابل Th [۳۳]، نمونه‌های بشگز در موقعیت کانسارهای گرمابی قرار می‌گیرد.

نمودار دوتایی (Ni+Co) در مقابل

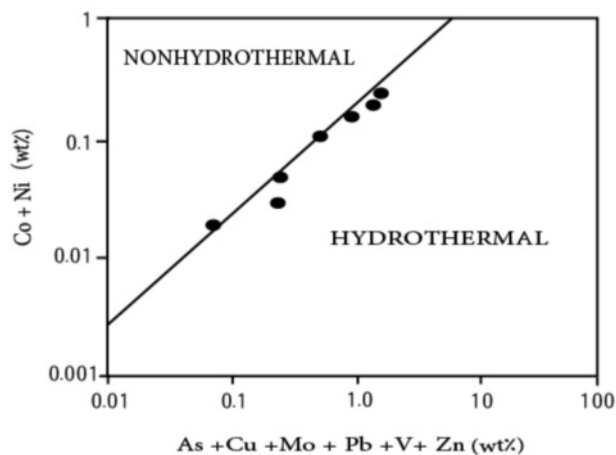
(As + Cu + Mo + Pb + V + Zn)

این نمودار اولین بار توسط [۳۱] برای جدایش کانسارهای گرمابی، رسوبی-دریایی و کانسارهای حاصل از آب‌های شیرین به کار برده شد. وی غنی‌شدگی در مجموعه عناصر Sb, Pb, Mo, Li, Cu, Ba, As, Zn, V, Sr, Ni, Co را نشانه کانسارهای گرمابی دانسته و بر این باور است که این کانسارها از عناصر Ni, Co تهی شده‌اند. نمونه‌های وابسته به منگنز بشگز از عناصر As + Cu + Mo + Pb + V + Zn غنی ولی از عناصر Ni و Co تهی شده‌اند و در گستره‌ی کانسارهای گرمابی قرار می‌گیرند (شکل ۸) [۳۱].

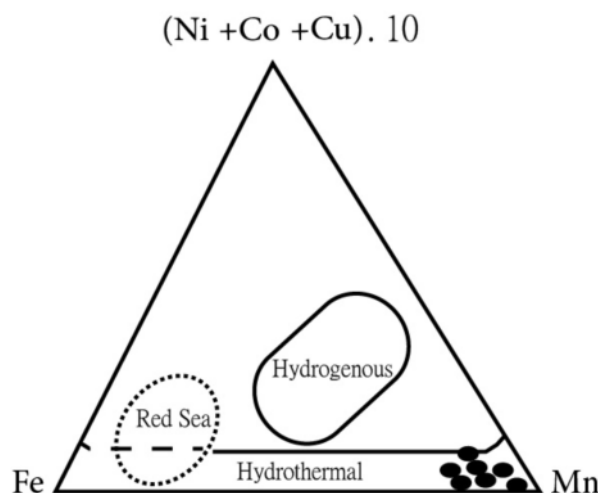
نمودار سه‌تایی 10 (Ni + Co + Cu) و Fe, Mn

نگارندگان بسیاری تلاش کرده‌اند تا با استفاده از عناصر اصلی و

کمیاب، کانسارهای گرمابی آهن-منگنز را از کانسارهای رسوبی-دریایی جدا کنند. [۳۳] نمودار اولیه عناصر $(Ni + Co + Cu) \times 10$ و Mn-Fe را برای تمایز کانسارهای دریایی و گرمابی آهن-منگنز از هم رسم کرد. در (شکل ۹) [۴۲، ۴۱، ۳۳، ۳۲] نمونه‌های مورد بررسی در موقعیت کانسارهای گرمابی قرار می‌گیرند. این نمودار نشان می‌دهد که اکسیدهای گرمابی از عناصر Ni, Co, Cu و Zn در مقایسه با کانسارهای رسوبی دریایی تهی شده‌اند، که علت آن می‌تواند رشد کند و در نتیجه حضور طولانی‌تر آن‌ها در آب دریا و تاثیر فرایندهای مختلفی که سبب جذب این عناصر می‌شوند، باشد [۴۱]، [۴۳]. کبالت به شدت جذب اکسیدهای منگنز می‌شود و مقدار میانگین آن در ذخایر گرماب کاهش می‌یابد [۴۴].



شکل ۸ نمودار دوتایی Co+Ni در مقابل $As + Cu + Mo + Pb + V + Zn$ [۳۱]، نمونه‌های بشگز در محدوده گرمابی قرار می‌گیرد.

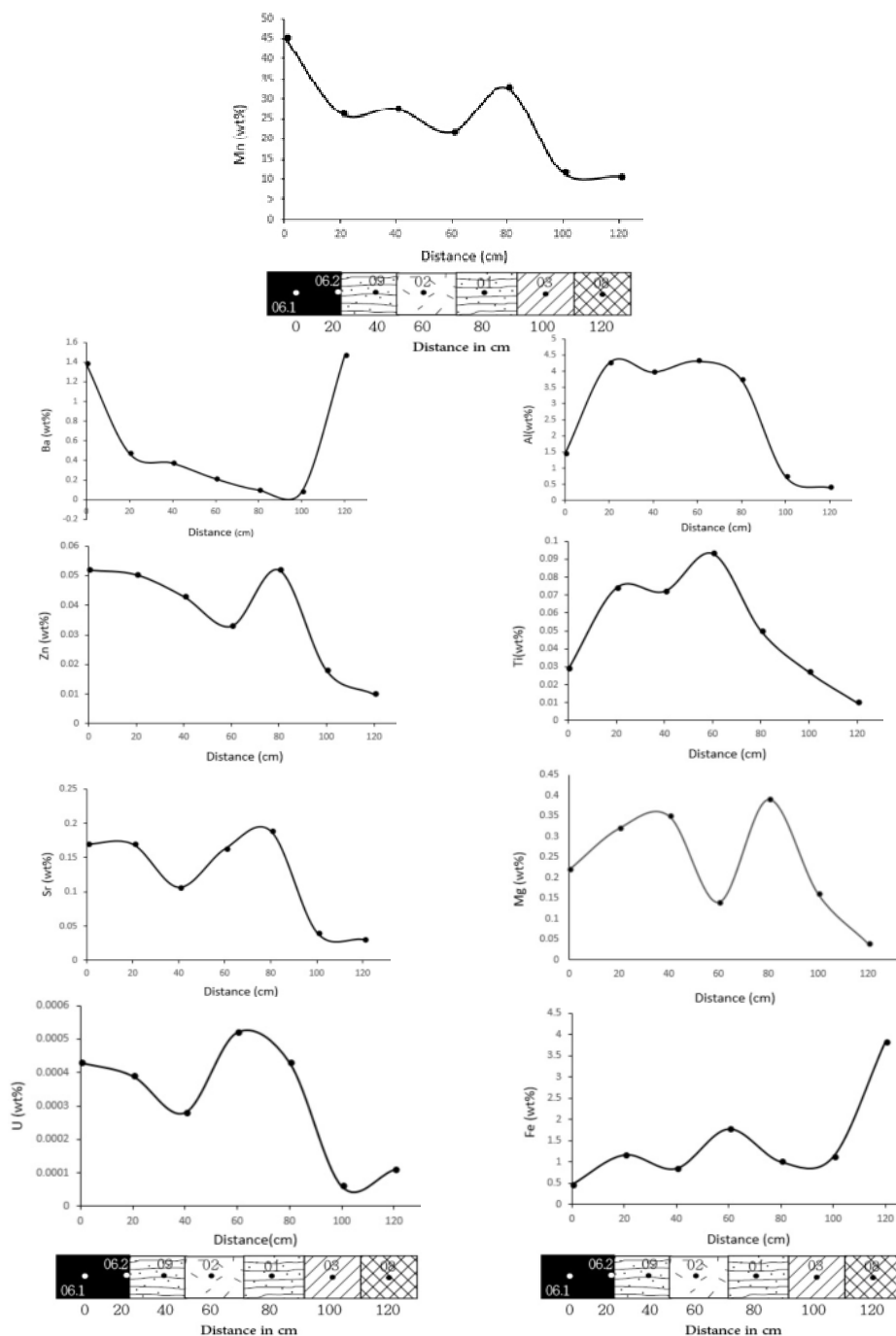


شکل ۹ نمودار سه‌تایی $(Ni + Co + Cu) \times 10$ و Fe, Mn [۴۲، ۴۱، ۳۳، ۳۲]، نمونه‌های بشگز در موقعیت کانسارهای گرمابی قرار دارند.

ارتباط بین عناصر اصلی و کمیاب

روند منفی بین Al و Ti با Mn به دلیل تفاوت در رفتار ژئوشیمیایی Ti و Al با Mn است، منگنز یک عنصر فعال با خاستگاه گرمایی است. در صورتی که Ti و Al عناصر غیر فعال با خاستگاه خاکزاداند (کانی‌های رسی) و به راحتی به‌وسیله‌ی محلول حمل نمی‌شود [۴۵]. روند مثبت بین دو عنصر Mn

و Ba در نمونه‌های مربوط به رگه منگنز نشانگر خاستگاه یکسان گرمایی و رفتار ژئوشیمیایی یکسان این دو عنصر است [۳۶]. منگنز بیشترین روند مثبت را با عناصر Zn, U, Sr و بیشترین روند منفی را با عناصر Mg, Ti, Al و Fe دارد که بیانگر نهشت از یک خاستگاه گرمایی است [۲۹]، (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ نمودارهای توزیع عناصر Mn, Ba, Zn, Sr, U, Al, Ti, Mg و Fe از مرکز رگه به سمت منطقه‌های دگرسان.

برداشت

رگه‌های منگنزدار بشگز در میان سنگ‌های آذرآواری در حجم گسترده‌ای از توف‌های سبز رنگ ریوداسیتی- داسیتی قرار دارد، پراکندگی منگنز در این منطقه، کاملاً برشی و تابع فضای ایجاد شده است. کانه‌های اصلی بر اساس همخوانی بررسی‌های XRD و کانی‌نگاری، پیرولوسیت و پسیلوملان هستند. ساخت رگه، رگچه‌ای وجود بافت‌های کلوپورم و پرکننده فضای خالی در رگه‌های منگنزدار و منطقه آرژبلیکی و سیلیس‌های بی‌شکل در محل مورد بررسی مشخص است. بر اساس بررسی‌های ژئوشیمیایی، عیار متوسط منگنز در رگه‌ها ۴۵٪ است و بالا بودن نسبت Mn/Fe (با میانگین ۲۶/۳۱) و قرار گرفتن نمونه‌ها در نمودارهای Si/Al و U/Th، در گسترده‌ی کانسارهای گرماب است. براساس شواهد زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی، تشکیل رگه‌های منگنزدار بشگز طی فرایندهای گرمایی به صورت روزادی تشکیل شده است و با توجه به حضور قطعات آندزیتی و آندزیت-بازالتی درون منطقه‌ی برشی و کانی‌سازی منگنز در آن به نظر می‌رسد، که خاستگاه اصلی منگنز آندزیت - بازالت‌های موجود در منطقه است، که منگنز درون گرماب، نخست به صورت اکسی هیدروکسید Mn^{4+} ریزدانه مانند کریپتوملان تشکیل شده و سپس تبدیل به اکسی هیدروکسیدهای غنی از Ba^{2+} و K^{+} مانند پسیلوملان شده است و به مرور زمان پیرولوسیت شکل می‌گیرد. با توجه به گسترش سنگ‌های آتشفشانی در منطقه‌ی لوت و رخداد کانه-زایی‌های متعدد منگنز در آن می‌توان از این کانسار برای الگویی به منظور پی‌جویی ذخایر جدید اقتصادی منگنز در منطقه بهره‌برداری کرد.

مراجع

- [2] Bonyadi Z., Moore F., "Geochemistry and Genesis of Narigan ferromanganese deposit Bafgh, Yazd", Province Natural Science 57 (2006) 54-63.
- [3] Nabatian Gh., Rastad E., Neubauer F., Honarmand M., Ghaderi M., "Iron and Fe-Mn mineralisation in Iran: implications for Tethyan metallogeny", Australian Journal of Earth Sciences 62 (2015) 211-241.
- [4] Rajabzadeh M.A., Haddad F., Polgari M., Fintor K., Walter H., Molnar Z., Gyollai I., "Investigation on the role of microorganisms in manganese mineralization from Abadeh-Tashk area, Fars Province, southwestern Iran by using petrographic and geochemical data", Ore Geology Reviews 80 (2017) 229-249.
- [5] Taghizadeh S., Mousivand F., Ghasemi H., Zakeri., "Mn deposit, example of exhalative mineralization in the southwest Sabzevar 31th Symposium on Geosciences", Geological Survey of Iran, Tehran, Iran, (2012) (in Persian).
- [6] Imamalipour A., "Hydrothermal alteration of ophiolitic rocks and listwaenitic type mercury mineralization from northwest of Iran, near Iran-Turkey border", 62 nd geological congress of Turkey, April 16-22 (2007) (Ankara).
- [7] Zarasvandi A., Lentz D., Rezaei M., Pourkaseb H., "Genesis of the Nasirabad manganese occurrence, Fars province, Iran: Geochemical evidences", Chemie der Erde Geochemistry 73 (2013) 495-508.
- [8] Simmonds V., Ghasemi F., "Investigation of manganese Mineralization in Idahlu and Jokandy, Southwest of Hashtrood, NW Iran", (BHM) Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 152 (2007) 263-267.
- [9] Pang K.N., Chung S.L., Zarrinkoub M.H., Mohammadi S.S., Yang H.M., Chu Ch H., Lee H.Y., Lo Ch.H., "Alkali basalts in the Lut-Sistan region, eastern Iran", Chemical Geology 306 (2012) 40-53.
- [10] Karimpour M. H., Stern C. R., Farmer L., Saadat S., Malekzadeh A., " Review of age, Rb-Sr geochemistry and petrogenesis of Jurassic to
- [1] Monazami Bagherzadeh R., "Genesis of Mn Mineralization in the Darab area (Fars province, Iran)", M.Sc. Thesis, University of Shiraz, Shiraz, Iran (1994) 180 pp. (in Persian with English abstract).

- Nayband fault, lut block, eastern iran*", Geological Society of America Annual Meeting (18-21 October), (2009).
- [19] Saadat S., Stern C.R., Karimpour M.H., "Geochemistry of Quaternary Olivine Basalts From the Lut Block, Eastern Iran", American Geophysical Union, Fall Meeting (2008) abstract # T21A-1933.
- [20] Walker R.T., Gans P., Allen M.B., Jackson J., Khatib M., Marsh N, Zarrinkoub M., "Late Cenozoic volcanism and rates of active faulting in eastern Iran", Geophysical Journal International 177 (2009) 783- 805.
- [21] Arjmandzadeh R., Karimpour M.H., Mazaheri S.A., Santos S.A.J.F., Medina J.M., Homam S.M., "Sr-Nd isotope geochemistry and petrogenesis of the Chah-Shaljami granitoids (Lut Block, Eastern Iran)", Journal of Asian Earth Sciences 41 (2011) 283-296.
- [22] Arjmandzadeh R., Santos J.F., "Sr-Nd isotope geochemistry and tectonomagmatic setting of the Dehsalm Cu-Mo porphyry mineralizing intrusives from Lut Block, eastern Iran", International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau) 103 (2014) 123-140.
- [23] Karimpour M.H., Larg R.R., Razmara M., Patrick R.A.D., "Bi sulfosalt mineral series paragenetic associations in specularite-rich Cu-Ag-Au deposit, QalehZari mine, Iran", Iranian Society Crystallography and Mineralogy 13 (2005) 417-432.
- [24] Karimpour M.H., Stern C.R., "Advance spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) mineral mapping to discriminate high sulfidation, reduced intrusion related, and iron oxide gold deposits, eastern Iran", Journal Applied Sciences 9 (2009) 815-825.
- [25] Malekzadeh Shafaroudi A., Karimpour M.H., Stern C.R., "The Khopik porphyry copper prospect, Lut Block, Eastern Iran: geology, alteration and mineralization, fluid inclusion, and oxygen isotope studies", Ore Geology Reviews 65 (2014) 522-544.
- Quaternary igneous rocks in Lut Block, Eastern Iran*", (JGeope) Geopersia 1 (2011) 19-36.
- [11] Tirrul R., Bell I. R., Griffis J. R., Camp V. E., "The sistan suture zone of Eastern Iran", Geological Society of America Bulletin 94 (1983) 134-150.
- [12] Camp V.E., Griffis R.J., Character., "genesis and tectonic setting of igneous rocks in the Sistan suture zone, eastern Iran", Lithos 15 (1982) 221-239.
- [13] Berberian M., Jackson J.A., Qorashi M., Khatib M.M., Priestley K., Talebien M., Ghafuri-Ashtiani M., "The 1997 May 10 Zirkuh (Qaenat) earthquake (M.W7.2): Faulting along the Sistan suture zone of eastern Iran", Geophysical Journal International 136 (1999) 671-694.
- [14] Richards J.P., Spell T., Rameh E., Raziq A., Fletcher T., "High Sr/Y magmas reflect arc maturity, high magmatic water content, and porphyry Cu ± Mo ± Au potential: examples from the Tethyan arcs of central and eastern Iran and western Pakistan", Economic Geology 107(2012) 295-332.
- [15] Lotfi M., "Geological and geochemical investigations on the volcanogenic Cu, Pb, Zn, Sb ore- mineralizations in the Shurab-GaleChah and northwest of Khur (Lut, east of Iran)", unpublished Ph.D thesis, der Naturwissenschaften der Universitat Hamburg (1982) 151 p.
- [16] Tarkian M., Lotfi M., Baumann A., "Tectonic, magmatism and the formation of mineral deposits in the central Lut, east Iran, Ministry of mines and metals. Geological survey of Iran, Geodynamic Project (Geotraverse) in Iran", Geological Survey of Iran. Tehran, Iran, (in Persian) 51(1983) 357-383.
- [17] Jung D., Keller J., Khorasani R., Marcks Chr., Baumann A., Horn P., "Petrology of the Tertiary magmatic activity the northern Lut area, East of Iran, Ministry of mines and metals", Geological Survey of Iran, Geodynamic Project (Geotraverse) in Iran 51(1983) 285-336.
- [18] Saadat S., Stern C.R., Karimpour M.H., "Quaternary mafic volcanic rocks along the

- [36] Holtstam D., Mansfeld Y., "Origin of carbonate hosted Fe-Mn- (Ba, As, Pb, Sb, W) deposit of Langbon in Central Sweden", *Mineralium Deposita* 36 (2001) 641-657.
- [37] Sugisaki R., "Relation between chemical composition and sedimentation rate of Pacific ocean-floor sediments deposited since the middle Cretaceous: basic evidence for chemical constrains on depositional environments of ancient sediments", *Journal of Geology* 92 (1984) 235-259.
- [38] Choi J.H., Hariya Y., "Geochemistry and depositional environment of Mn oxide deposits in the Tokoro belt, northeastern Hokkaido, Japan", *Economic Geology* 87 (1992) 1265-1274.
- [39] Maynard J., "The chemistry of manganese or through time: a signal of increasing diversity of earth-surface environments", *Economic Geology* 105 (2010) 535-552.
- [40] Heshmatbehzadi K., Shahabpour J., "Metallogeny of Manganese and Ferromanganese Ores in Baft Ophiolitic Melange, Kerman, Iran", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 4 (2010) 302-313.
- [41] Toth J. R., "Deposition of submarine crusts rich in manganese and iron", *Geological Society of America Bulletin* 91 (1980) 44-54.
- [42] Reolid M., El Kadiri K., Abad I., Oloriz F., Jiménez-Milln, J., "Jurassic microbial communities in hydrothermal manganese crust of the Rifian Calcareous Chain, Northern Morocco", *Sedimentary Geology* 233 (2011) 159-172.
- [43] Usui A., Someya M., "Distribution and composition of marine hydrogenetic and hydrothermal manganese deposits in the northwest Pacific. In: Nicholson, K., Hein, J.R., Bohn, B., Dasgupta, S., (Eds), *Manganese Mineralization: Geochemistry and mineralogy of terrestrial and marine Deposits*", Geological Society Publication 119 (1997) 117-198.
- [44] Sabation N., Neri R., Bellanca A., Jenkyns H.C., Masetti D., Scopelliti G., "Petrography and high-resolution geochemical records of Lower Jurassic manganese rich deposits from Monte
- [26] Alavi M., Nazari H., Rezaie H., Ziraksari Gh., "The geological map of the Sarbisheh 1/100000 scale", geological survey of Iran (1999).
- [27] Shah M.T., Khan A., "Geochemistry and origin of Mn-deposits in the Waziristan ophiolite complex, north Waziristan", *Pakistan Mineral Deposita* 34 (1999) 697-704.
- [28] Polgari M., Hein J.R., Vigh T., Szabo-Drubin M., Forizs I., Biro L., Muller A., Toth A.L., "Microbial processes and the origin of the Urkut manganese deposit, Hungary", *Ore geology* 47 (2012) 87-109.
- [29] Karakus A., Yavuz B., Koc S., "Mineralogy and major trace element geochemistry of the haymana manganese mineralizations", Ankara, Turkey. *Geochemical International Journal* 48 (2010) 1014-1027.
- [30] Nicholson K., "Contrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides: Guides to metallogenesis", *Economic Geology* 87 (1992a) 1253-1264.
- [31] Nicholson K., "Genetic types of manganese oxide deposits in Scotland: Indicators of paleo-Ocean-spreading rate and a Devonian geochemical mobility boundary", *Economic Geology* 87 (1992b) 1301-1309.
- [32] Bonatti E., "Metallogenesis at oceanic spreading centers", *Annu Rev Earth Planet Science* 3 (1975) 401-431.
- [33] Bonatti E., Zerbi M., Kay R., Rydell H., "Metalliferous deposits from the Apennine ophiolites: Mesozoic equivalent of modern deposits from oceanic spreading center", *Geological Society America Bull* 87 (1976) 83-94.
- [34] Crerar D.A., Namson J., Chyi M.S., Williams L., Feigenson M.D., "Manganiferous cherts of the Franciscan assemblage: I. General geology, ancient and modern analogues, and implications for hydrothermal convection at oceanic spreading centers", *Economic Geology* 77 (1982) 519-540.
- [35] Roy S., "Environments and processes of manganese deposition", *Economic Geology* 87 (1992) 1218-1236.

*Manganes ore of south Orissa, India", Mineralium
Deposita 32 (1997) 79-93.*

*Mangart", Julian Alps Palaeogeogr Palaeoclimatol
Palaeoecol 299 (2011) 97-109.*

[45] Acharya B. C., Rao D. S., Sahoo P. K.,
"Mineralogy, chemistry and genesis of Nishikkhal